

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-175921

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

(21)Application number : 09-335898

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 05.12.1997

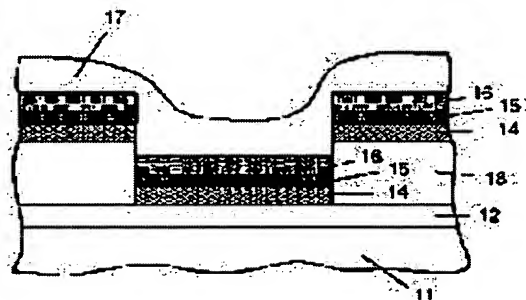
(72)Inventor : NAKATANI RYOICHI
SATO TOSHIHIKO
MARUYAMA YOJI
SHIMIZU NOBORU

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT TYPE HEAD AND MAGNETIC RECORDING AND PRODUCTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a magnetoresistance effect type head having high sensitivity which uses magnetic tunneling phenomenon.

SOLUTION: In the magnetoresistance effect type head using a multilayered film of a first magnetic layer 14, an insulating layer 15 and a second magnetic layer 16 formed in this order, the insulating layer 15 consists of an oxide of an element selected from Ti, Zr, Hf, V, Nb and Ta as IVa and Va group elements in the periodical table or an alloy oxide of plural elements of them. These metal elements are easily oxidized and have rather high melting points, and therefore, the insulating layer has uniform thickness.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other

BEST AVAILABLE COPY

than the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3148703

[Date of registration] 12.01.2001

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magneto-resistive effect mold head characterized by consisting of an oxide of the alloy with which the above-mentioned insulating layer consists of an oxide of one element chosen from the group of Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta, or two or more elements in the magneto-resistive effect mold head using the multilayers currently formed in order of the 1st magnetic layer, an insulating layer, and the 2nd magnetic layer.

[Claim 2] The magneto-resistive effect mold head characterized by the antiferromagnetism layer being in contact with said the 1st magnetic layer or 2nd magnetic layer in a magneto-resistive effect mold head according to claim 1.

[Claim 3] The magnetic head characterized by combining a magneto-resistive effect mold head and the induction type magnetic head according to claim 1 or 2.

[Claim 4] The magnetic recorder and reproducing device characterized by having the magnetic head according to claim 1, 2, or 3.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic head for playback which has high sensibility, and the magnetic recorder and reproducing device using the magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] In connection with the densification of magnetic recording, the application to Physics Letters by Juliere, 54A volume (1975), No. 3, and the magneto-resistive effect mold head of the multilayers which show the magnetic tunneling phenomenon of a publication to "Tunneling between Ferromagnetic Films" carried on 225 pages is being considered as the magnetic head for playback of a magnetic recorder and reproducing device. This magnetic magneto-resistive effect mold head is equipped with the magneto-resistive effect component which has the structure which sandwiched the insulating layer by the two-layer magnetic layer, and detects record magnetization using the probability for an electron to carry out tunneling of the insulating layer being higher than the time of directions when the sense of magnetization of two magnetic layers of a magneto-resistive effect component is parallel being anti-parallel. Only magnetization of one magnetic layer is reversed in an operation of the leakage field from record magnetization by considering as the structure where the antiferromagnetism layer was contacted to magnetic layer of one of the two, and, it is [the sense of magnetization of two magnetic layers becomes parallel, or] made to become anti-parallel, and record magnetization is detected by detecting the magnitude of the tunnel current which flows an insulating layer. [changing the magnitude of coercive force by the two-layer magnetic layer]

[0003] In the multilayers which show such a magnetic tunneling phenomenon, it is most important to form the insulating layer which has the flat outstanding property. Journal of Applied Physics according to Tezuka and others as an approach of forming the comparatively excellent insulating layer, 79 volumes (1996), It was carried on No. 8 and 6262 pages. Like a publication to "Magnetic Tunneling effect in Fe/aluminum₂O₃ / nickel1-XFeX Junctions" The approach of carrying out natural oxidation of the aluminum, Or 1997 by Moodera and others Digests of INTERMAG It was carried by '97 and FA-04. "Large Magnetoresistance in Tunnel Junctions-Potential for MRAM and Read Head" aluminum is exposed to the oxygen plasma like a publication. There is the approach of oxidizing.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is necessary to form aluminum layer on a magnetic layer by the approach of oxidizing aluminum as mentioned above and forming an insulating layer. However, since the melting point of aluminum is low, even if it uses the sputtering method, it is difficult [it] to form aluminum layer with uniform thickness. Therefore, the insulating layer thickness which oxidized the above-mentioned aluminum layer also serves as an ununiformity. The problem of reducing the magnetic-reluctance rate of change of multilayers has the heterogeneity of insulating thickness.

[0005] This invention was made in view of such a trouble in the application to the magneto-resistive effect mold head of the multilayers which show a magnetic tunneling phenomenon, and aims at adding amelioration to an insulating layer and offering a high sensitivity magneto-resistive effect mold head.

[0006]

[Means for Solving the Problem] this invention person etc. came to complete a header and this invention for the ability of the uniform insulating layer of thickness to be obtained by being easy to oxidize and using the oxide of the comparatively high metal of the melting point as an insulating layer, as a result of repeating research wholeheartedly about the multilayers which show a magnetic tunneling phenomenon.

[0007] That is, it is characterized by consisting of an oxide of the alloy with which this invention consists of an oxide of one element chosen from the group of Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta whose above-mentioned insulating layers are IVA of the periodic table, and Va group element, or two or more elements in the magneto-resistive effect mold head using the multilayers currently formed in order of the 1st magnetic layer, an insulating layer, and the 2nd magnetic layer. The combination of the element of arbitration, such as Hf-Zr and Nb-Ti, can be used for an alloy.

[0008] Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta are metals which are easy to oxidize. Moreover, since the melting point is also comparatively high, the metal layer which has uniform thickness can be formed. For this reason, uniform thickness and the tunnel barrier can obtain the insulating layer which has the highly excellent insulation. Also among Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta, since an atom is large and it is hard to produce diffusion with a magnetic layer, Zr, Nb, Hf, and Ta are desirable. Moreover, since a metal layer tends to become amorphous, Ti, Zr, and Hf are advantageous to formation of a flat insulating layer. Furthermore, since it is easy to carry out natural oxidation of Zr and the Hf, they can be oxidized for a short time, and its oxide is stable, and since a tunnel barrier is hard to be destroyed, they are the most desirable. However, Hf of a fault is expensive.

[0009] It is good also as structure to which the antiferromagnetism layer touched the 1st magnetic layer or 2nd magnetic layer. Moreover, you may make it reversed [only magnetization of one magnetic layer] in an operation of the leakage field from record magnetization by changing the coercive force of the 1st magnetic layer and the 2nd magnetic layer. This magneto-resistive effect mold head is combinable with the induction type magnetic head. According to this invention, since insulating layer thickness can be made uniform, the playback output of a magneto-resistive effect mold head is high, and the effective magnetic head as the magnetic head for playback of a super-high density magnetic recording medium can be obtained.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[Gestalt 1 of operation] drawing 1 is the cross section of an example of the magneto-resistive effect component of this invention which used multilayers. In this drawing, Au with a thickness of 10nm was used for Si (100) single crystal and the lower electrode 12 at the substrate 11. The ion beam sputtering method was used for formation of Au layer. The acceleration voltage of the ion gun for vacuum evaporation is [Ar pressure under 40mA and vacuum evaporation of 300V and the ion current] 0.02Pa. On the lower electrode 12, the insulator 13 which the hole of a 200micrometerx200micrometer square opened was formed with sputtering and lithography. The ingredient of an insulator 13 is SiO₂.

[0011] Furthermore, the magnetic layer 14 which consists of a Co layer with a thickness of 5nm was formed. The coercive force of a magnetic layer 14 is 800 A/m. After creating six kinds of samples which formed the metal layer with a thickness of 2.0nm it is thin from Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta on the magnetic layer 14, respectively, the sample was once paid into atmospheric air. By exposing a sample to atmospheric air for 24 hours, the oxide of the above-mentioned metal was formed and it considered as the insulating layer 15. The nickel-20at%Fe alloy layer with a thickness of 5nm was used for the magnetic layer 16. The coercive force of a magnetic layer 16 is 80 A/m, and anisotropy fields are 400 A/m.

[0012] Moreover, the multilayers using the insulating layer 15 which oxidized by exposing aluminum with a thickness of 2.0nm into atmospheric air similarly as an example of a comparison were also formed. These each class was also formed with the ion beam sputtering system. Sputtering conditions are the same as that of the time of lower electrode formation. Like drawing 1, multilayers 14, 15, and 16 are formed also on an insulator 13. However, since these parts are not in contact with the lower electrode 12, they do not function as magneto-resistive effect film. What it functions on as

magneto-resistive effect film is only a part which touches the lower electrode 12. Moreover, as shown in drawing 1, the up electrode 17 which consists of Au with a thickness of 20nm was formed on multilayers.

[0013] The magnetic-reluctance rate of change of the multilayers formed in Table 1 is shown. To multilayers, magnetic-reluctance rate of change carried out both-way impression, and measured the field between -80 kA/m and +80 kA/m. In these multilayers, since the coercive force of the two-layer magnetic layers 14 and 16 differs, the include angle which the sense of magnetization makes changes between parallel and anti-parallel. Therefore, the tunnel probability of the electron which carries out tunneling of the insulating layer 15 changes, and a magneto-resistive effect arises. In addition, the magnetic-reluctance rate of change shown in Table 1 is the value of the average which measured ten samples.

[0014]

[Table 1]

酸化させる金属	素子の磁気抵抗変化率
Al	5.2%
Ti	17.2%
Zr	19.3%
Hf	16.8%
V	15.7%
Nb	17.3%
Ta	18.2%

As shown in Table 1, the magnetic-reluctance rate of change of the multilayers of the example of a comparison using the insulating layer which oxidized aluminum is comparatively low. This is for the surface smoothness of formed aluminum layer to be bad, for a thin part and a thick part to exist, and for the short circuit of the magnetic layer 14 by the pinhole and a magnetic layer 16 to arise. On the other hand, when oxidizing Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta layer, magnetic-reluctance rate of change is high. Since the insulating layer of thickness uniform since the surface smoothness of these layers is good was formed, this is considered.

[Gestalt 2 of operation] drawing 2 is the cross section of other examples of the magneto-resistive effect component of this invention which used multilayers. In this drawing, Au with a thickness of 10nm was used for Si (100) single crystal and the lower electrode 22 at the substrate 21. The ion beam sputtering method was used for formation of Au layer. Formation conditions are the same as the gestalt 1 of operation. On the lower electrode 22, the insulator 23 which the hole of a 200micrometerx200micrometer square opened was formed with sputtering and lithography. The ingredient of an insulator 23 is SiO₂.

[0015] Furthermore, the magnetic layer 24 which consists of nickel-20at%Fe with a thickness of 5nm was formed. After creating six kinds of samples which formed the metal layer with a thickness of 2.0nm it is thin from Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta on the magnetic layer 24, respectively, the sample was once paid into atmospheric air. By exposing a sample to atmospheric air for 24 hours, the oxide of the above-mentioned metal was formed and it considered as the insulating layer 25. The Mn-22at%Ir alloy with a thickness of 10nm was used for the antiferromagnetism layer 27 which touches a magnetic layer 26 at a magnetic layer 26 using a nickel-20at%Fe alloy with a thickness of 5nm.

[0016] Moreover, the multilayers using the insulating layer 25 which oxidized also formed aluminum with a thickness of 2.0nm as an example of a comparison. These each class was also formed with the ion beam sputtering system. Sputtering conditions are the same as that of the time of lower electrode formation. Like drawing 2, multilayers 24-27 are formed also on an insulator 23. However, since these parts are not in contact with the lower electrode 22, they do not function as magneto-resistive effect film. What it functions on as magneto-resistive effect film is only a part which touches the lower electrode 22. Moreover, as shown in drawing 2, the up electrode 28 which consists of Au with a thickness of 20nm was formed on multilayers.

[0017] The magnetic-reluctance rate of change of the multilayers formed in Table 2 is shown. To multilayers, magnetic-reluctance rate of change carried out both-way impression, and measured the field of -40 kA/m to +40 kA/m. In these multilayers, since the magnetic layer 26 is in contact with the antiferromagnetism layer 27, only the direction of magnetization of a magnetic layer 24 changes,

and the two-layer magnetic layer 24 and the include angle which magnetization of 26 makes change between parallel and anti-parallel. Therefore, the tunnel probability of the electron which carries out tunneling of the insulating layer 25 changes, and a magneto-resistive effect arises. In addition, the magnetic-reluctance rate of change shown in Table 2 is the value of the average which measured ten samples.

[0018]

[Table 2]

酸化させる金属	素子の磁気抵抗変化率
Al	4.6%
Ti	16.2%
Zr	18.5%
Hf	15.3%
V	15.0%
Nb	16.0%
Ta	17.2%

As shown in Table 2, the magnetic-reluctance rate of change of the multilayers of the example of a comparison using the insulating layer which oxidized aluminum is comparatively low. This is for the surface smoothness of formed aluminum layer to be bad, for a thin part and a thick part to exist, and for the short circuit of the magnetic layer 24 by the pinhole and a magnetic layer 26 to arise. On the other hand, when oxidizing Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta layer, magnetic-reluctance rate of change is high. Since the insulating layer of thickness uniform since the surface smoothness of these layers is good was formed, this is considered. The magnetic head was produced using the magneto-resistive effect component of the mold stated with the gestalt 2 of the [gestalt 3 of operation] operation. In this case, the hole of an insulator is a 5micrometerx5micrometer square. The structure of the magnetic head is shown below. Drawing 3 is the perspective view which cut a part of record playback discrete-type head by the gestalt of this operation. The part whose magneto-resistive effect component 31 was pinched in the shielding layers 32 and 33 works as the reproducing head, and the parts of the lower magnetic pole 35 which sandwiches a coil 34, and the up magnetic pole 36 work as a recording head.

[0019] Below, the production approach of this head is shown. The sintered compact which uses aluminum 2O3 and TiC as a principal component was used as the substrate 37 for sliders. The nickel-Fe alloy formed by the sputtering method was used for the shielding layer and the record magnetic pole. It was made for the thickness of each magnetic film to be the following. The up-and-down shielding layers 32 and 33 used aluminum 2O3 which formed 1.0 micrometers, the lower magnetic pole 35, and the up magnetic pole 36 by sputtering as gap material between 3.0 micrometers and each class. The thickness of a gap layer could be 0.4 micrometers between 0.2 micrometers and a record magnetic pole between the shielding layer and the magneto-resistive effect component. Furthermore, spacing of the reproducing head and a recording head was set to about 4 micrometers, and also formed this gap with aluminum 2O3. Cu of 3 micrometers of thickness was used for the coil 34.

[0020] The magnetic disk drive was produced using the above-mentioned magnetic head. Drawing 4 shows the structure of a magnetic disk drive, drawing 4 (a) is a top view and drawing 4 (b) is the AA' sectional view. The ingredient which consists of a Co-nickel-Pt-Ta system alloy of residual magnetic flux density 0.75T was used for the magnetic-recording medium 41 which rotates by the magnetic-recording medium mechanical component 42. The width of recording track of the magnetic head 43 held by the magnetic-head mechanical component 44 was set to 5 micrometers.

[0021] Although a playback output is higher than the conventional magneto-resistive effect component, the noise of the magneto-resistive effect component for playback used for the magnetic head of the gestalt of this operation is also large. For this reason, when the signal beyond a certain decided value was detected by the record regenerative-signal processor, we decided that that signal is recorded on a magnetic-recording medium. A tunneling mold magneto-resistive effect component has high magnetic-reluctance rate of change, and it is effective as the magnetic head for playback for super-high density magnetic recording media. The problem of things that a noise is large was avoidable by the above-mentioned approach.

[0022] According to this invention, compared with the case where the oxide film of aluminum is used as an insulator layer, a playback output becomes about 3 times, and the magnetic head which can respond to high recording density-ization, and the super-high density magnetic recording medium incorporating the magnetic head can be obtained.

[0023]

[Effect of the Invention] As mentioned above, in the magneto-resistive effect mold head using the multilayers currently formed in order of the magnetic layer, the insulating layer, and the magnetic layer, by using the above-mentioned insulating layer as the oxide of Ti, Zr, Hf, V, Nb, and Ta, insulating layer thickness becomes homogeneity and the output of a magneto-resistive effect mold head becomes high. Moreover, a high performance magnetic recorder and reproducing device can be obtained by using the above-mentioned magneto-resistive effect mold head.

[Translation done.]

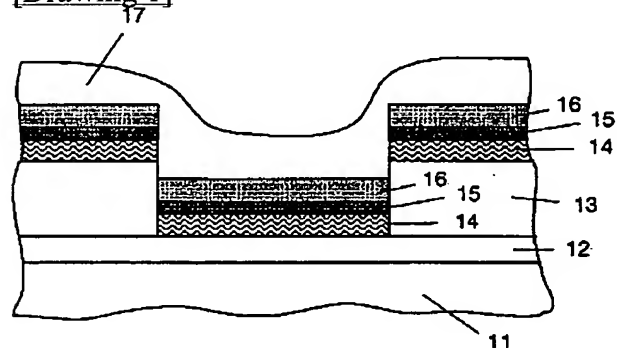
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

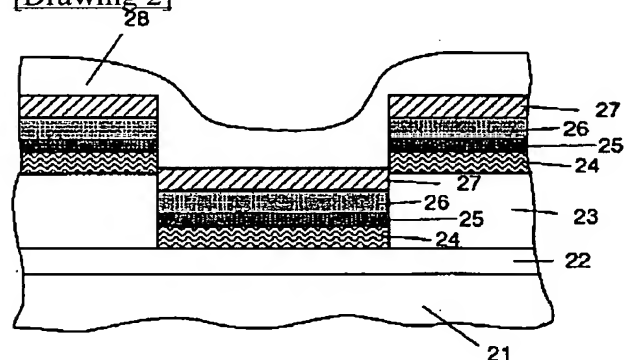
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

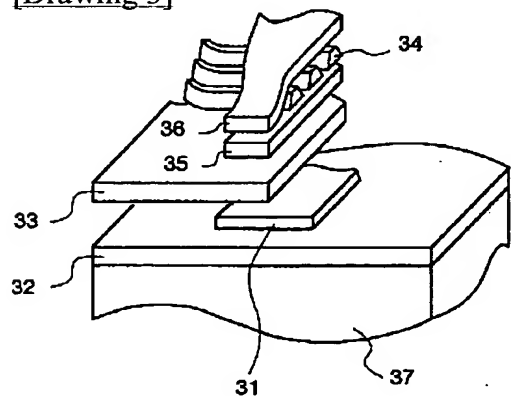
[Drawing 1]



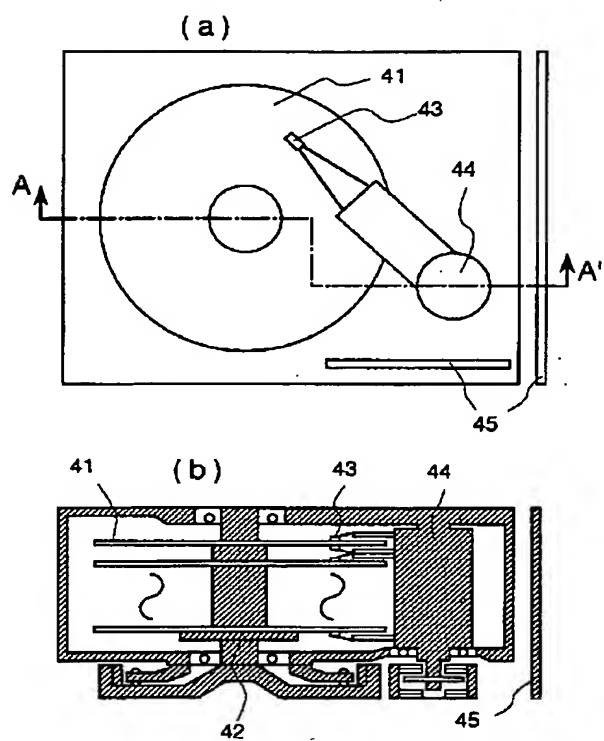
[Drawing 2]



[Drawing 3]



[Drawing 4]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-175921

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int. Cl.⁴

G 1 1 B 5/39

識別記号

P 1

G 1 1 B 5/39

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-335998

(22) 出願日 平成9年(1997)12月5日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 中谷 亮一

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 佐藤 俊彦

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 丸山 昇治

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔

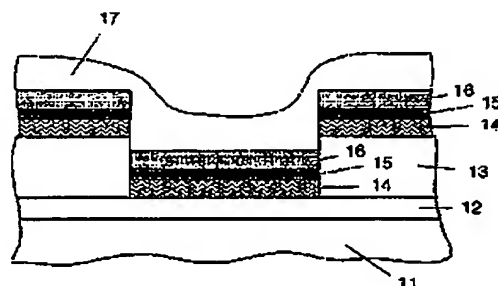
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子ヘッドおよび磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 磁気トンネリング現象を用いる高感度な磁気抵抗効果型ヘッドを得る。

【解決手段】 第1の磁性層14、絶縁層15、第2の磁性層16の順に形成されている多層膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、絶縁層15として周期律表のIVa、Va族元素であるTi、Zr、Hf、V、Nb、Taの群から選択された1つの元素の酸化物又は複数の元素からなる合金の酸化物を用いる。これらの金属元素は、酸化されやすく、融点が比較的高いため、層厚の均一な絶縁層を得ることができる。



(2)

特開平11-175921

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の磁性層、絶縁層、第2の磁性層の順に形成されている多層膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、上記絶縁層が、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taの群から選択された1つの元素の酸化物又は複数の元素からなる合金の酸化物からなることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項2】 請求項1に記載の磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、前記第1の磁性層又は第2の磁性層に反強磁性層が接していることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の磁気抵抗効果型ヘッドと誘導型磁気ヘッドとを組み合わせたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項4】 請求項1、2又は3に記載の磁気ヘッドを備えることを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高い感度を有する再生用磁気ヘッド及びその磁気ヘッドを用いた磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気記録の高密度化に伴い、磁気記録再生装置の再生用磁気ヘッドとして、JulliereによるPhysics Letters, 54A巻(1975年)、3号、225ページに掲載された"Tunneling between Ferromagnetic Films"に記載の磁気トンネリング現象を示す多層膜の磁気抵抗効果型ヘッドへの応用が検討されつつある。この磁気抵抗効果型ヘッドは、2層の磁性層で絶縁層を挟んだ構造を有する磁気抵抗効果素子を備え、磁気抵抗効果素子の2つの磁性層の磁化の向きが平行になっている時の方が反平行になっている時より電子が絶縁層をトンネリングする確率が高いことを利用して記録磁化の検出を行うものである。2層の磁性層で保磁力の大きさを変えたり、片方の磁性層に反強磁性層を接合させた構造とすることにより、記録磁化からの漏洩磁界の作用で一方の磁性層の磁化のみが反転して2つの磁性層の磁化の向きが平行になったり反平行になったりするようにし、絶縁層を流れるトンネル電流の大きさを検出することによって記録磁化を検出する。

【0003】このような磁気トンネリング現象を示す多層膜では、平坦な優れた特性を有する絶縁層を形成することが最も重要である。比較的優れた絶縁層を形成する方法として、TezukaらによるJournal of Applied Physics, 79巻(1995年)、8号、6262ページに掲載された"Magnetic Tunneling effect in Fe/Al₂O₃/Ni_{1-x}Fe_x Junctions"に記載のように、Alを自然酸化させる方法、あるいはMooderaらによる1997 Digest of INTERMAG '97, FA-04に掲載された "Large Magnetoresistance in Tunnel Junctions - Potential for MRAM and Read Head"

に記載のように、Alを酸素プラズマにさらし、酸化させる方法がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のようにAlを酸化させて絶縁層を形成する方法では、磁性層上にAl層を形成する必要がある。しかし、Alの融点が低いために、スパッタリング法を用いても厚さの均一なAl層を形成することは困難である。従って、上記Al層を酸化させた絶縁層の厚さも不均一となる。絶縁層厚の不均一性は、多層膜の磁気抵抗変化率を低下させるという問題がある。

【0005】本発明は、磁気トンネリング現象を示す多層膜の磁気抵抗効果型ヘッドへの応用におけるこのような問題点を鑑みてなされたもので、絶縁層に改良を加えて高感度な磁気抵抗効果型ヘッドを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、磁気トンネリング現象を示す多層膜について鋭意研究を重ねた結果、絶縁層として、酸化されやすく、また、融点の比較的高い金属の酸化物を用いることにより、層厚の均一な絶縁層を得ることができるとを見出し、本発明を完成するに至った。

【0007】すなわち、本発明は、第1の磁性層、絶縁層、第2の磁性層の順に形成されている多層膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、上記絶縁層が、周期律表のIVa、Va族元素であるTi、Zr、Hf、V、Nb、Taの群から選択された1つの元素の酸化物又は複数の元素からなる合金の酸化物からなることを特徴とする。合金は、例えばHf-Zr、Nb-Tiなど、任意の元素の組み合わせを用いることができる。

【0008】Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taは、酸化されやすい金属である。また、融点も比較的高いため、均一な厚さを有する金属層を形成することができる。このため、均一な厚さおよびトンネルバリアが高く優れた絶縁性を有する絶縁層を得ることができる。Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taのうちでも、Zr、Nb、Hf、Taは原子が大きく磁性層との拡散が生じにくいので好ましい。また、Ti、Zr、Hfは金属層が非晶質になりやすいため平坦な絶縁層の形成にとって有利である。さらに、Zr及びHfは自然酸化しやすいため、短時間で酸化させることができ、また酸化物が安定でトンネルバリアが破壊されにくい点で最も好ましい。ただ、Hfは高価なのが欠点である。

【0009】第1の磁性層又は第2の磁性層に反強磁性層が接した構造としてもよい。また、第1の磁性層と第2の磁性層の保磁力を変えることにより、記録磁化からの漏洩磁界の作用で一方の磁性層の磁化のみが反転するようにしてもよい。この磁気抵抗効果型ヘッドは誘導型磁気ヘッドと組み合わせることができる。本発明による

(3)

特開平11-175921

3

と、絶縁層の厚さを均一とすることができ、磁気抵抗効果型ヘッドの再生出力が高く、超高密度磁気記録装置の再生用磁気ヘッドとして有効な磁気ヘッドを得ることができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

【実施の形態1】図1は、多層膜を用いた本発明の磁気抵抗効果素子の一例の断面模式図である。同図において、基板11にはSi(100)単結晶、下部電極12には厚さ10nmのAuを用いた。Au層の形成にはイオンビームスパッタリング法を用いた。蒸着用イオンガンの加速電圧は300V、イオン電流は40mA、蒸着中のAr圧力は0.02Paである。下部電極12の上に、200μm×200μmの正方形の穴の開いた絶縁体13をスパッタリングおよびリソグラフィにより形成した。絶縁体13の材料はSiO₂である。

【0011】さらに、厚さ5nmのCo層からなる磁性層14を形成した。磁性層14の保磁力は800A/mである。磁性層14の上にTi、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる厚さ2.0nmの金属層をそれぞれ形成した6種類の試料を作成した後、一度、大気中に試料を出した。大気に24時間、試料をさらすことにより、上記金属の酸化物を形成し、絶縁層15とした。磁性層16には、厚さ5nmのNi-20at%Fe合金層を用いた。磁性層16の保磁力は80A/m、異方性磁界は400A/mである。

【0012】また、比較例として、厚さ2.0nmのAlを同様に大気中にさらすことにより酸化した絶縁層15を用いた多層膜も形成した。これらの各層もイオンビームスパッタリング装置により形成した。スパッタリング条件は下部電極形成時と同様である。図1のように、絶縁体13の上にも多層膜14、15、16は形成される。しかし、これらの部分は下部電極12と接していないため、磁気抵抗効果素子として機能しない。磁気抵抗効果素子として機能するのは、下部電極12に接する部分だけである。また、図1に示すように、多層膜上に、厚さ20nmのAuからなる上部電極17を形成した。

【0013】表1に、形成した多層膜の磁気抵抗変化率を示す。磁気抵抗変化率は、多層膜に-80kA/mから+80kA/mの間の磁界を往復印加して測定した。この多層膜では2層の磁性層14、16の保磁力が異なるために、磁化の向きのなす角度が平行と反平行の間を変化する。そのため絶縁層15をトンネリングする電子のトンネル確率が変化して磁気抵抗効果が生じる。なお、表1に示した磁気抵抗変化率は試料10個を測定した平均の値である。

【0014】

【表1】

4

酸化させる金属	素子の磁気抵抗変化率
Al	5.2%
Ti	17.2%
Zr	19.3%
Hf	16.8%
V	15.7%
Nb	17.3%
Ta	18.2%

表1から分かるように、Alを酸化させた絶縁層を用いた比較例の多層膜の磁気抵抗変化率は比較的低い。これは、形成したAl層の平坦性が悪く、薄い部分と厚い部分が存在し、ピンホールによる磁性層14と磁性層16の短絡が生じたりするためである。これに対し、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta層を酸化させた場合には、磁気抵抗変化率は高い。これは、これらの層の平坦性が良いために、均一な厚さの絶縁層が形成されたためと考えられる。

【実施の形態2】図2は、多層膜を用いた本発明の磁気抵抗効果素子の他の例の断面模式図である。同図において、基板21にはSi(100)単結晶、下部電極22には厚さ10nmのAuを用いた。Au層の形成にはイオンビームスパッタリング法を用いた。形成条件は実施の形態1と同様である。下部電極22の上に、200μm×200μmの正方形の穴の開いた絶縁体23をスパッタリングおよびリソグラフィにより形成した。絶縁体23の材料はSiO₂である。

【0015】さらに、厚さ5nmのNi-20at%Feからなる磁性層24を形成した。磁性層24の上にTi、Zr、Hf、V、Nb、Taからなる厚さ2.0nmの金属層をそれぞれ形成した6種類の試料を作成した後、一度、大気中に試料を出した。大気に24時間、試料をさらすことにより、上記金属の酸化物を形成し、絶縁層25とした。磁性層26には、厚さ5nmのNi-20at%Fe合金を用い、磁性層26に接する反強磁性層27には、厚さ10nmのMn-22at%Ir合金を用いた。

【0016】また、比較例として、厚さ2.0nmのAlを酸化した絶縁層25を用いた多層膜も形成した。これらの各層もイオンビームスパッタリング装置により形成した。スパッタリング条件は下部電極形成時と同様である。図2のように、絶縁体23の上にも多層膜24～27は形成される。しかし、これらの部分は下部電極22と接していないため、磁気抵抗効果素子として機能しない。磁気抵抗効果素子として機能するのは、下部電極22に接する部分だけである。また、図2に示すように、多層膜上に、厚さ20nmのAuからなる上部電極28を形成した。

【0017】表2に、形成した多層膜の磁気抵抗変化率を示す。磁気抵抗変化率は、多層膜に-40kA/mから+40kA/mの磁界を往復印加して測定した。この多層膜では磁性層26が反強磁性層27に接しているた

50

(4)

特開平11-175921

5

め、磁性層24の磁化の方向のみが変化し、2層の磁性層24、26の磁化のなす角度が平行と反平行の間を変化する。そのため、絶縁層25をトンネリングする電子のトンネル確率が変化して磁気抵抗効果が生じる。なお、表2に示した磁気抵抗変化率は試料10個を測定した平均の値である。

【0018】

【表2】

酸化させる金属	素子の磁気抵抗変化率
Al	4.6%
Ti	16.2%
Zr	18.5%
Hf	15.9%
V	15.0%
Nb	16.0%
Ta	17.2%

表2から分かるように、Alを酸化させた絶縁層を用いた比較例の多層膜の磁気抵抗変化率は比較的低い。これは、形成したAl層の平坦性が悪く、薄い部分と厚い部分が存在し、ピンホールによる磁性層24と磁性層26の短絡が生じたりするためである。これに対し、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta層を酸化させた場合には、磁気抵抗変化率は高い。これは、これらの層の平坦性が良いために、均一な厚さの絶縁層が形成されたためと考えられる。【実施の形態3】実施の形態2で述べた型の磁気抵抗効果素子を用い、磁気ヘッドを製作した。この場合、絶縁体の穴は、 $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$ の正方形である。磁気ヘッドの構造を以下に示す。図3は、本実施の形態による記録再生分離型ヘッドの一部を切断した斜視図である。磁気抵抗効果素子31をシールド層32、33で挟んだ部分が再生ヘッドとして働き、コイル34を挟む下部磁極35、上部磁極36の部分が記録ヘッドとして働く。

【0019】以下に、このヘッドの作製方法を示す。Al、 O_2 ・TiCを主成分とする焼結体をスライド用の基板37とした。シールド層、記録磁極にはスパッタリング法で形成したNi-Fe合金を用いた。各磁性膜の膜厚は、以下のようにした。上下のシールド層32、33は1.0 μm 、下部磁極35、上部磁極36は3.0 μm 、各層間のギャップ材としてはスパッタリングで形成したAl、 O_2 を用いた。ギャップ層の膜厚は、シールド層と磁気抵抗効果素子間で0.2 μm 、記録磁極間では0.4 μm とした。さらに再生ヘッドと記録ヘッドの間隔は約4 μm とし、このギャップもAl、 O_2 で形成した。コイル34には膜厚3 μm のCuを使用した。

【0020】上記磁気ヘッドを用いて磁気ディスク装置を作製した。図4は磁気ディスク装置の構造を示し、図

6

4(a)は平面図、図4(b)はそのAA'断面図である。磁気記録媒体駆動部42により回転する磁気記録媒体41には、残留磁束密度0.75TのCo-Ni-P-Ta系合金からなる材料を用いた。磁気ヘッド駆動部44により保持された磁気ヘッド43のトラック幅は5 μm とした。

【0021】本実施の形態の磁気ヘッドに用いた再生用の磁気抵抗効果素子は、従来の磁気抵抗効果素子よりも再生出力は高いが、ノイズも大きい。このため、記録再生信号処理系により、ある決められた値以上の信号が検出された時に、その信号が磁気記録媒体上に記録されていることとした。トンネリング型磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗変化率が高く、超高密度磁気記録装置用の再生用磁気ヘッドとして有効である。ノイズが大きいことの問題は、上述の方法で回避できた。

【0022】本発明によると、絶縁膜としてAlの酸化膜を用いた場合に比べて再生出力がほぼ3倍となり、高記録密度化に対応できる磁気ヘッド、及びその磁気ヘッドを組み込んだ超高密度磁気記録装置を得ることができる。

【0023】

【発明の効果】上述のように、磁性層、絶縁層、磁性層の順に形成されている多層膜を用いた磁気抵抗効果型ヘッドにおいて、上記絶縁層をTi、Zr、Hf、V、Nb、Taの酸化物とすることにより、絶縁層の厚さが均一になり、磁気抵抗効果型ヘッドの出力が高くなる。また、上記磁気抵抗効果型ヘッドを用いることにより高性能磁気記録再生装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗効果素子の一例の断面模式図。

【図2】本発明の磁気抵抗効果素子の他の例の断面模式図。

【図3】本発明の磁気記録再生装置に用いた磁気ヘッドの構造を示す斜視図。

【図4】磁気ディスク装置の構造を示す図。

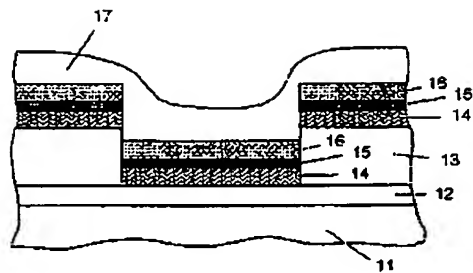
【符号の説明】

11、21…基板、12、22…下部電極、13、23…絶縁体、14、16、24、26…磁性層、17、25…絶縁層、17、28…上部電極、27…反強磁性層、31…磁気抵抗効果素子、32、33…シールド層、34…コイル、35…下部磁極、36…上部磁極、37…基板、41…磁気記録媒体、42…磁気記録媒体駆動部、43…磁気ヘッド、44…磁気ヘッド駆動部、45…記録再生信号処理系

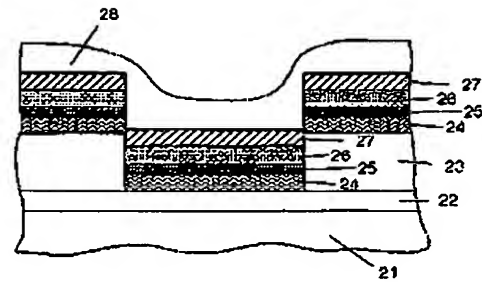
(5)

特開平11-175921

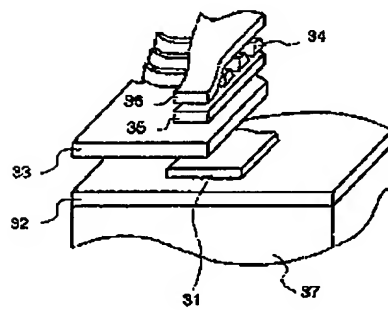
【図1】



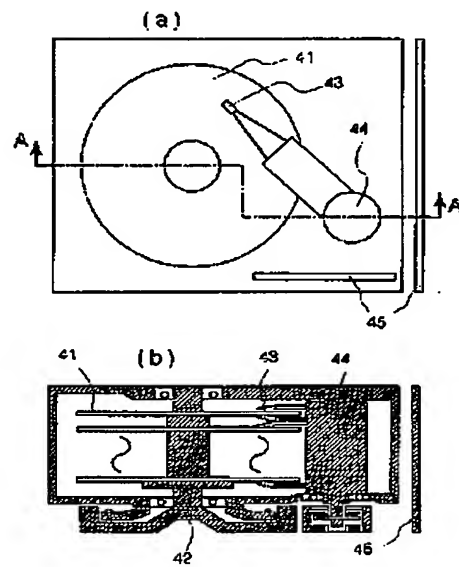
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 清水 昇
東京都国分寺市京恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.